

复杂矩形网等值线图的剪切

赵海珍¹⁾ 李桐林²⁾ 于国峰³⁾

¹⁾(巨龙信息技术有限责任公司, 北京 100101) ²⁾(吉林大学勘查技术学院, 长春 130026)

³⁾(中国石油集团地球物理勘探局地调五处, 河北定兴固城 072656)

摘要 裁剪是计算机图形学中的一个基本问题. 在绘制矩形网等值线的时候, 会遇到某片状或环状区域没有采集数据点分布、地区边界区域、插值不准确的区域等涉及到剪切处理的情况. 然而, 目前国内外的一些著名剪切算法对于圆滑后的矩形网等值线的剪切处理, 由于时间复杂度太高和区域的复杂性而显得力不从心, 为了解决这一问题, 提出了一种适合矩形网等值线图剪切处理的算法, 其概述为: ①将单个剪切多边形内的等值点或者是嵌套环内的等值点置为-2.0; ②记录多边形每个边出发的等值线的追踪方向; ③增加等值线追踪结束条件. 用实际的大数据量进行了各种裁剪区域的测试, 实践证明, 这种方法对于矩形网等值线的复杂区域剪切处理快速有效.

关键词 矩形网等值线 剪切 算法

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2002)04-0380-04

Clipping of Complex Grid Contour

ZHAO Hai-zhen¹⁾, LI Tong-lin²⁾, YU Guo-feng³⁾

¹⁾(Great Dragon Information Technology Co., LTD., Beijing 100101)

²⁾(Jilin University Reconnaissance Technology College, Changchun 130026)

³⁾(The fifth Division of BGP of China, Hebei dingxing gucheng 072656)

Abstract Clipping is one of basic problems in computer graphics. Some conditions relating to clipping will be met when people draw grid contour, such as some sheet or ringy region without data point, region's boundary, some region with inaccurate interpolation point. However, at present, some famous clipping algorithms home and aboard are almost impossible to process grid contour's clipping after it is smoothed because time complexity is too high and region is too complicated. In this paper, an algorithm suit for the clipping of grid contour to solve the problem is presented. The algorithm may be summed up the following three steps: ① filling the clipping region with -2.0 by calculating the point of intersection between contour and clipping region and sorting the point of intersection and partnering the point of intersection. ② recording the direction of trace of contour from every boundary of clipping region. ③ increasing the end condition of contour that begin from some boundary of clipping region and to own boundary or other clipping region's boundary. As a result, the algorithm passed the test of practical large data. The examples shown in the paper and other applied examples demonstrated that the method of clipping is fast and effective for complex region of grid contour.

Keywords Grid contour, Clipping, Algorithm

0 引言

裁剪是计算机图形学中的一个基本问题. 在绘制矩形网等值线的时候, 会遇到如下几种涉及到剪

切处理的情况: 某片状或环状区域没有采集数据点分布; 地区边界区域; 插值不准确的区域. 其中, 对于没有数据分布的区域, 应该将该区域的等值线抑制掉; 对于边界区域(如国界或地区界), 因为采集数据时, 采集点的分布区域一般是一个矩区域, 而国界或

地区界一般又都不会是规则的矩形边界,所以在分析某一国家或地区的某一高程特性时,很有可能会遇到出界的问题,为了避免一些由此而造成的误解或不必要的冲突,必然要将出界部分的等值线剪切掉;对于因采集点分布稀疏,不能满足图形绘制精度要求的区域,为了避免曲面拟合插值所造成的误差,也要涉及到等值线的多边形剪切处理。

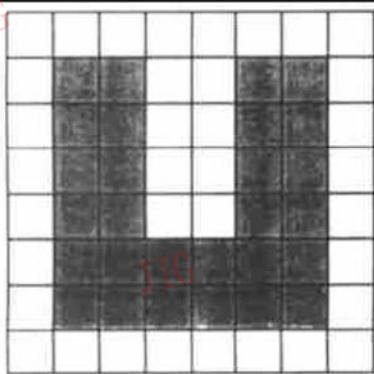
所谓等值线实质上就是由多条线段连接而成的曲线或任意多边形。对于二维线段的窗口裁剪,国内外最著名的算法有:分区编码剪取算法(Cohen-Sutherland 算法)^[1]、基于硬件实现的中点分割剪取算法^[2]、参数方程剪取算法,其中,最后一种算法包括 Cyrus 与 Beck 提出的 Cyrus-Beck 算法^[3]和梁友栋-Barsky 算法^[4]以及近年来提出的 Nicholl-Lee-Nicholl 算法^[5]、Andreev-Sofianska 算法^[6]、FLC 算法^[7];对于多边形的裁剪,著名的算法有:针对凸多边形的裁剪提出的逐边裁剪法(SH 裁剪法)^[8]、针对 SH 算法不能进行凹多边形裁剪这一缺陷而提出的双边裁剪法(Weiler-Atherton 算法)^[8]。

但以上这些算法都是针对单层窗口的剪切处理,其并不适合于多个多边形嵌套剪切,即环状剪切区域的剪切处理。此外,这些算法的实质是:在每两点进行连线时,都要判断构成该线的两点与多边形的位置关系,然后决定这两点的取舍或计算线段与多边形的新的交点,并记录该交点。对于简单的线段,这些算法是可取的,但对于矩形网等值线追踪,并进行圆滑绘制的过程,显然要进行数以万次的两点连线操作,如果每次都进行上述的比较和计算,可想而知,算法的空间复杂度和时间复杂度将会是非常惊人的。基于此,传统裁剪算法对于等值线的开窗和剪切就显得力不从心,所以结合矩形网等值线追踪、绘制过程的特点,提出了一种复杂等值线图的剪切算法。

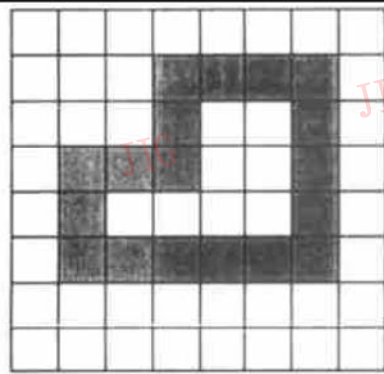
1 算法

1.1 矩形网中的剪切区域种类

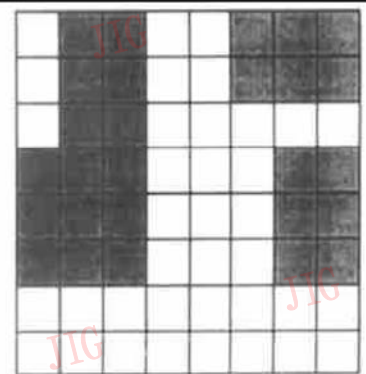
图 1 给出了 3 类剪切示例图,而实际情况可能是这 3 类的组合。



(a) 矩形网中的片状剪切区域



(b) 矩形网中的环状剪切区域



(c) 矩形网中的边界剪切区域

图 1 矩形网中的剪切区域种类

1.2 剪切区域定义

在本算法的实现过程中,根据实际情况,将矩形网中的裁剪窗口以数据文件的形式进行描述,为了统一处理内剪切、外剪切、嵌套剪切等各种情况,将该数据文件(剪切区域文件)的格式作如下约定:

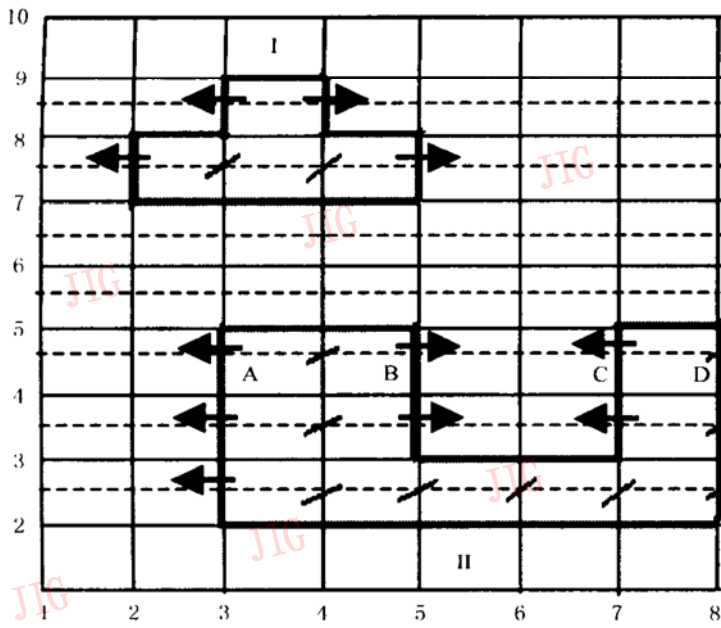
剪切区域文件中的第 1 个数为裁剪窗口的多边形个数,接下来依次是各个多边形的约定信息头、多边形的顶点坐标。其中,信息头包括某多边形的顶点数、是否独立,若不独立,则给出被包含多边形的号数(见图 2(b));当存在嵌套剪切时,先记录最外层多边形信息,然后记录其所包含的多边形的信息;所有多边形的顶点顺序按逆时针依次记录。

1.3 剪切算法原理

图 1 所给出的多边形剪切情况按照独立与包含

关系可分为两类:一类是以单个或多个独立多边形进行剪切,对于这种情况,多边形内部的等值线被抑制掉;另一类是两个多边形嵌套的情况,对于这种情况,仅是嵌套环内的等值线被抑制掉,即除了包含在内部多边形中的等值线外,第 1 个多边形内的等值线都被抑制掉。

在矩形网等值线的追踪过程中,当在网络横边(或纵边)没有等值点或等值点已经追踪过,置横边的等值点值 $S(i, j) = -2.0$ (对于纵边的等值点值 $H(i, j)$, 则置 $H(i, j) = -2.0$) ($i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$, 这里 m, n 分别表示矩形网的行数和列数),在绘制等值线时,首先判断 $S(i, j)$ (或 $H(i, j)$) 是否为 -2.0 ,若不是 -2.0 ,则进行连接该等值点操作,当遇到边界情况或等值线自身封闭时,就停



(a) 将剪切多边形内等值点抑制掉(短斜线), 并标记从多边形边出发的等值线追踪方向示例

对应剪切区域文件

2	JIG	8	Dependent	8	Dependent
2	7	3	2		
5	7	8	2		
5	8	8	5		
4	8	7	5		
4	9	7	3		
3	9	5	3		
3	8	5	5		
2	8	3	5		

(b) 与剪切多边形对应的剪切文件
图中“2”表示两个多边形,“8”表示8个顶点, “Dependent”表示独立)

止追踪^[9](矩形网的算法原理详见文献[9]). 结合这一思路, 要进行等值线的剪切操作, 必须解决以下3个问题: 将单个剪切多边形内的等值点或者是嵌套环内的等值点置为-2.0; 记录由多边形每个边出发的等值线的追踪方向; 增加等值线追踪结束条件.

解决前两个问题的具体方法如下:

从剪切区域所覆盖到的矩形网格范围中依次延伸出扫描线, 未按扫描线顺序, 计算扫描线与多边形的相交区间, 再将每个区间内的等值点置为-2.0, 并记录每个区间边界的追踪方向. 区间的端点可以通过计算扫描线与多边形边界线的交点获得. 下面以图2(a)为例, 具体阐述这一过程的实现.

对于图2(a), 水平虚线代表扫描线, 对于一条扫描线, 它将被多边形分为几个区间, 其中落在多边形内的扫描线将与网格纵边相交, 则将这些相交的纵边上的等值点均置为-2.0, 在图中用短斜线表示, 同时记录每个区间的追踪方向, 图中用箭头方向代表追踪方向, 需指出的是, 由于等值线追踪到矩形网边框时必须结束, 所以当剪切多边形的边与矩形网边框重合时, 也将矩形网边框上的等值点置为-2.0, 且不必记录追踪方向, 如图中多边形II的最右边所示. 这里仅给出了用水平扫描线将多边形内网格纵边的等值点抑制掉, 并记录区间追踪方向情况的分析, 对于用竖直扫描线将多边形内网格横边的等值点抑制掉, 并记录区间追踪方向的情况, 同理操作.

由于计算出的扫描线与多边形边界线的交点未

必是按从左到右的顺序排列的, 如图2(a)中计算出A、B、C、D 4个交点的顺序可能是A、D、C、B或其他顺序, 所以对每条扫描线与多边形的交点必须经过排序, 才能得到正确的配对交点, 并得到正确的区间.

可见, 对于一条扫描线, 这一算法归结为如下5个步骤:

- (1) 求交 计算扫描线与多边形各边的交点;
- (2) 排序 把所有交点按递增顺序进行排序;
- (3) 交点配对 第1个与第2个, 第3个与第4个等等. 每对交点就代表扫描线与多边形的一个相交区间;
- (4) 区间等值点抑制 把这些相交区间内的等值点均置为-2.0;
- (5) 标记区间追踪方向 将每个区间两边的追踪方向均记录下来.

对于增加等值线追踪结束条件问题, 由于增加了剪切多边形后, 在绘制等值线的过程中, 在判断等值线的追踪是否结束时, 除了会碰到原矩形网等值线追踪结束的条件外, 还会出现从某个剪切多边形的边出发追踪到其自身的任意一边, 或追踪到另外一个剪切多边形的任意一边而结束的条件, 如图3(c)所示, 所以, 在算法等值线的结束条件中, 增加了从剪切多边形的边出发追踪到剪切多边形的边结束的判断条件.

在原矩形网算法, 当已知两等值点追踪下一等值点时, 要经过5次判断来决定该等值线是否结束, 即要判断该等值线是否遇到矩形网左边、上边、右边、下

边以及该等值线是否封闭. 当有一个具有 N 边的剪切区域时, 算法的时间复杂度将变为 $N + 5$. 对于传统算法, 如前所述, 每进行一次两点连线操作时, 都要进行这两点与多边形的位置关系判断, 假如圆滑后, 每两点之间要插入 2 000 个点的话, 那么算法的时间复杂度将是 $2\,000 \times (N + 5)$, 可见本算法和传统算法用于矩形网等值线剪切时的时间复杂度差别之大.

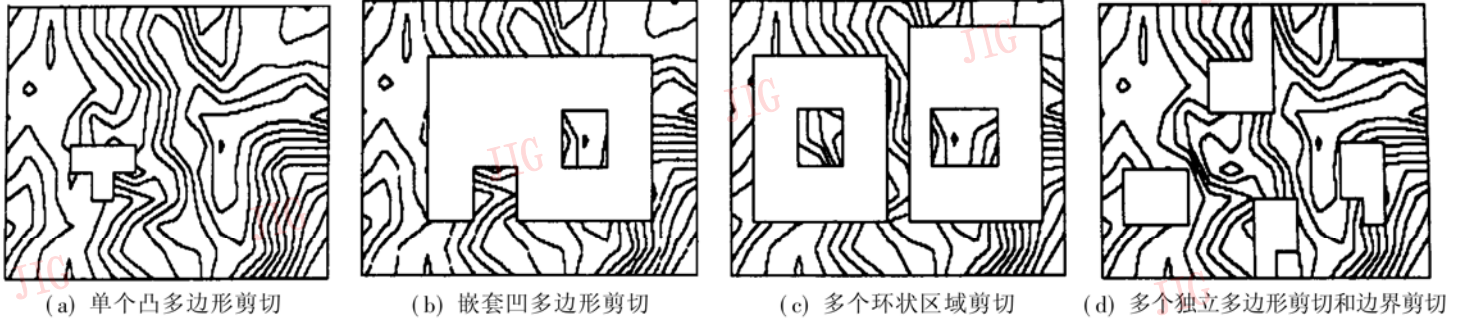


图3 500×500的矩形网等值线图的各种剪切情况测试示例

3 结 语

虽然目前国内外已经研制出了很多著名的线段和多边形的优秀裁剪算法, 但这些算法尚没有与矩形网等值线绘制算法结合应用的实例, 况且, 这些算法对于矩形网等值线的剪切, 尤其是加上圆滑过程以后的矩形网等值线, 时间复杂度将会高得不可思议, 而且传统算法不适于进行嵌套区域的剪切处理, 基于此, 本文提出了一种有效的复杂矩形网等值线剪切算法, 实践证明, 该算法具有如下优点: 裁剪窗口可以是任意独立多边形或嵌套多边形; 算法的时间复杂度较低. 此算法解决了实际中矩形网等值线的多种剪切问题, 且突破了传统剪切算法运用于矩形网等值线剪切时, 在复杂性环状区域和计算量方面的限制, 具有一定的理论意义和实用价值.

对于环状剪切区域中又出现一个或多个剪切区域的情况, 还有待在今后的工作中进一步探索.

参 考 文 献

- 1 Newman W M, Sproull R F. Principles of interactive computer graphics[M]. McGraw-Hill, New York, 1979.
- 2 Sproull R F, Southerland I E. A clipping divider[M]. FJCC, Thompson Books, Washington D. C., 1968.
- 3 李建平. 计算机图形学原理教程[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1998.
- 4 Liang L D, Barsky B A. A new concept and method for line clipping[J]. ACM Transactions on Graphics, 1984, 3(1): 278~283.

2 试验结果

对一个 500×500 的矩形网等值线图对片状剪切区域、环状剪切区域、边界剪切区域、凸多边形剪切区域和凹多边形剪切区域等各种剪切情况进行了测试, 试验结果如图 3 所示.

- 5 Nicholl T M, Lee D T, Nicholl R A. An efficient new algorithm for 2D line clipping[J]. SIGGRAPH'87, Computer Graphics, 1987, 21(4): 643~ 648.
- 6 Andreev R, Sofianska E. New algorithm for two dimensional line clipping[J]. Computers & Graphics, 1991, 15(4): 519~ 526.
- 7 王俊, 梁友栋, 彭群生. 具有最小算术量的二维线裁剪算法[J]. 计算机学报, 1991, 14(7): 495~ 504.
- 8 Rogers F D. Procedural elements for computer graphics[M]. Mc Graw-Hill, New York, 1985.
- 9 刘岳, 梁启章. 专题地图制图自动化[M]. 北京: 测绘出版社, 1981: 129~ 139.



赵海珍 1975年生, 2001年获吉林大学计算机科学与技术学院硕士学位, 现在巨龙信息技术有限公司研究院工作. 主要从事网络通信产品的研发工作. 主要研究方向为计算机图形学、计算机地图制图、可视化.



李桐林 1962年生, 1998年9月于长春科技大学地球物理专业博士后流动站出站, 现为吉林大学勘查技术学院教授. 目前主要研究方向为GIS、计算机图形学、图象处理、计算机专题地图制图、可视化.



于国锋 1974年生, 1998年于长春科技大学本科毕业, 现在中国石油集团地球物理勘探局地调五处工作. 主要从事地球物理非地震勘探资料的解释和处理工作.